

## RELATIVDRUCKSENSOR MIT ATMOSPHÄRENSEITIGER DROSSEL

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Relativdrucksensor mit hydraulischer Druckübertragung. Derartige Relativdrucksensoren umfassen in der Regel ein Meßwerk mit zwei Kammern, die jeweils von einer Trennmembran verschlossen und mit einem Übertragungsmedium gefüllt sind. Die Trennmembranen werden jeweils mit einem Meßdruck bzw. dem Referenzdruck beaufschlagt, der über die Trennmembranen in die jeweilige Kammer übertragen wird. Die Kammern sind voneinander durch einen Elementarsensor getrennt, wobei der Elementarsensor ein druckempfindliches Element, insbesondere eine Meßmembran, aufweist, die auf ihrer ersten Oberfläche mit dem hydraulischen Druck in der ersten Halbzelle und auf ihrer zweiten Oberflächen mit dem hydraulischen Druck in der zweiten Halbzelle beaufschlagt wird.

15

Die zweite (atmosphärenseitige) Trennmembran dient einerseits der Temperaturkompensation 1. Grades bei kleinen Meßbereichen und andererseits dem "Second-Containmant", d.h. dem zusätzlichen Schutz der Umgebung des Gerätes bei Funktionsstörungen, beispielsweise dem Bruch der ersten (prozeßseitigen) Trennmembran und/oder der Meßmembran.

20

Insbesondere druckempfindliche Element aus Halbleitermaterialien weisen eine solche Steifigkeit auf, daß der Volumenhub am druckempfindlichen Element über den gesamten Meßbereich praktisch vernachlässigbar ist. Dies bedingt jedoch umgekehrt, daß die druckempfindlichen Elemente sehr empfindlich gegen nadelimpulsartige Druckschläge sind, da kaum Elastizität vorhanden ist, um diese Druckschläge aufzufangen, was zur Zerstörung der Meßzelle führen kann. Durch einfache Verringerung des Durchmessers der Druckzuleitung zwischen der prozeßseitigen Kammer und dem druckempfindlichen Element können die Nadelimpulse nicht wirksam bedämpft werden.

30

Die deutsche Offenlegungsschrift DE 37 13 236 A1 offenbart stattdessen, zwischen Prozeß und der Meßzelle eine Sintermetallplatte oder eine Stallplatte mit einer Bohrung oder mehreren parallelen Bohrungen von höchstens 0,5 mm Durchmesser einzusetzen. Diese Lösung ist aus  
5 verschiedenen Gründen unbefriedigend. Einerseits bewirkt die Reduzierung des hydraulischen Pfades zwischen Prozeß und Meßzelle auf selbst eine einzige Bohrung mit 0,5 mm Durchmesser bei einer Bohrungslänge, die bei der dargestellten Plattenstärke zu erwarten ist, bei weitem keine ausreichende Dämpfung, um nadelimpulsartige Überlastdruckschläge zu  
10 unterdrücken. Wird andererseits ein Dämpfungselement mit einem hinreichend großen Strömungswiderstand für eine effektive Bedämpfung vorgesehen, so ist die Reaktionsgeschwindigkeit des Sensors erheblich verlangsamt, so daß auch Druckschwankungen innerhalb des Meßbereichs des Sensors nur mit Verzögerung registriert werden.

15

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Drucksensor bereitzustellen, der die beschriebenen Nachteile überwindet.

20

Die Aufgabe wird gelöst durch den Relativdrucksensor gemäß Anspruch 1. Weitere Vorteile und Gesichtspunkte der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

25

Der erfindungsgemäße Relativdrucksensor umfaßt ein Meßwerk mit einer ersten Kammer, die von einer ersten Trennmembran verschlossen ist und  
einer zweiten Kammer die von einer zweiten Trennmembran verschlossen ist, wobei die erste Trennmembran mit einem Prozeßdruck und die zweite Trennmembran mit dem Atmosphärendruck, also dem jeweiligen Umgebungsdruck, beaufschlagbar sind, und die erste Kammer von der zweiten Kammer durch ein druckempfindliches Element, insbesondere eine  
30 Meßmembran, getrennt ist, die erste und die zweite Kammer mit einem Übertragungsmedium gefüllt sind, und wobei ferner die zweite Kammer eine

hydraulische Drossel aufweist, die zwischen der zweiten Trennmembran und dem druckempfindlichen Element angeordnet ist.

Die Drossel umfaßt vorzugsweise einen porösen Körper, insbesondere einen  
5 porösen Sinterkörper, besonders bevorzugt einen Sinterkörper aus einem metallischen oder einem keramischen Material, insbesondere Korundfilter oder Bronzefilter. Geeignete Bronzefilter sind beispielsweise von der Firma GKN in Radevormwald unter der Bezeichnung SIK-A-B erhältlich.

10 Die Drossel ist vorzugsweise so dimensioniert, daß der durch einen prozeßseitigen Überlastdruckschlag ausgelöste Volumenstrom, der über die Meßmembran in die zweite Kammer übertragen wird, einen so großen Strömungswiderstand durch die Drossel erfährt, daß die Meßmembran rückseitig durch hydraulischen Druck zwischen der Meßmembran und der  
15 Drossel abgestützt wird.

Langsame Volumenströme durch die Drossel sind dagegen durchaus möglich, so daß einerseits ein Ausgleich von Volumenveränderungen der Übertragungsflüssigkeit aufgrund von Temperaturänderungen erfolgen kann,  
20 und andererseits die vergleichsweise langsamen Schwankungen des Umgebungs- bzw. Atmosphärendrucks hinreichend schnell zur Meßmembran übertragen werden.

Bevorzugt beträgt der strömungswirksame Durchmesser, ermittelt mit Coulter  
25 Porometer nach ASTM E 1294 mit Isopropanol als Benetzungsmittel, nicht weniger als 4 µm und nicht mehr als 28 µm, wobei derzeit strömungswirksame Durchmesser zwischen 8 µm und 16 µm besonders bevorzugt sind. Die strömungswirksamen Durchmesser werden bevorzugt in Kombination mit einer Porösität zwischen 15 Vol.% und 50  
30 Vol.%, besonders bevorzugt zwischen 25 Vol% und 35 Vol%, eingesetzt.

Zylindrische Drosselkörper sind insofern bevorzugt, als diese einfach in komplementäre Bohrungen in der zweiten Kammer eingesetzt werden können. Bevorzugt weisen die Drosselkörper eine Länge auf, die mindestens doppelt so groß ist wie der Durchmesser der Drosselkörper, wobei in einer  
5 derzeit besonders bevorzugten Ausführungsform die Länge des Drosselkörpers etwa das vierfache des Durchmessers beträgt.

Die Einzelheiten der Drossel hinsichtlich der Porengröße, der Porösität und der geometrischen Abmessungen hängen im Einzelfall u.a. von der  
10 Druckfestigkeit der Meßmembran und den zu erwartenden Überlasten sowie den konstruktiven Randbedingungen ab. Es liegt im Bereich des fachmännischen Könnens, die Konstruktion der Drossel für einen gegebenen Drucksensor zu optimieren.

15 Ein weiterer Parameter ist die Menge der zwischen dem druckempfindlichen Element und der Drossel eingeschlossenen Übertragungsflüssigkeit. Insofern als die Übertragungsflüssigkeit in geringem Umfang kompressibel ist, wird die abstützende Wirkung der Drossel um so mehr verringert, je größer das Volumen der Übertragungsflüssigkeit zwischen der Meßmembran und der  
20 Drossel ist. Vorzugsweise sollte dieses Volumen im Rahmen der konstruktiven Randbedingungen minimiert werden.

Die Erfindung wird nun anhand des in den Fig 1 dargestellten Ausführungsbeispiels und der in Fig. 2 gezeigten Daten näher erläutert.

25

Es zeigt:

Fig. 1: Einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen Relativdrucksensor; und

30

Fig. 2: Simulationsergebnisse zur Antwort einer Meßmembran auf Druckimpulse im Meßbereich und im Überlastfall, jeweils für einen

erfindungsgemäßen Relativdrucksensor und einen Relativdrucksensor mit einer prozeßseitigen Drossel.

Der in Fig. 1 gezeigte Relativdrucksensor umfaßt ein Meßwerk 1 mit einer  
5 ersten Kammer 5, die prozeßseitig von einer ersten Trennmembran 2  
verschlossen ist, und eine zweite Kammer 6, die atmosphärenseitig von einer  
zweiten Trennmembran 3 verschlossen ist. Im Inneren des Meßwerks 1 ist  
ein druckempfindliches Element 4 angeordnet, welches eine Meßmembran  
aufweist, wobei das druckempfindliche Element 4 die erste Kammer 5 von  
10 der zweiten Kammer 6 trennt. In der bevorzugten Ausführungsform ist das  
druckempfindliche Element ein piezoresistiver Siliziumchip. Prinzipiell ist die  
Erfindung aber unabhängig vom Wirkprinzip des druckempfindlichen  
Elementes.

15 Die erste Kammer und die zweite Kammer sind vollständig mit einem  
Übertragungsmedium, vorzugsweise einem Silikonöl gefüllt.

In der zweiten Kammer 6 ist eine Drossel 7 angeordnet. Hierzu weist die  
zweite Kammer eine Bohrung 8 auf, in welcher die Drossel im Klemmsitz  
20 fixiert ist. Zudem ist die Drossel atmosphärenseitig axial abgestützt, da die  
zweite Kammer 6 einen Kanal umfaßt, der in axialer Richtung an die Bohrung  
8 anschließt und einen geringeren Durchmesser als diese aufweist.

Die bevorzugte Drossel umfaßt ein Filterelement aus Sinterbronze mit einer  
25 Porösität von etwa 29% einem strömungswirksamen Porendurchmesser von  
etwa 11 µm. Das bevorzugte Filterelement hat eine Länge von 8 mm und  
einen Durchmesser von 2 mm (Die Proportionen in Fig. 1 sind nicht korrekt).

Die erfindungsgemäße Anordnung führt zu einer hinreichenden Bedämpfung  
30 von nadelimpulsartigen Überlaststößen, während Druckimpulse im  
Meßbereich hinreichend schnell registriert werden, wie nachfolgend anhand  
von Fig. 2 erläutert wird.

Fig. 2 zeigt zur Verdeutlichung der Wirkweise des erfindungsgemäßen Relativdrucksensors das Ergebnis von Simulationen der hydrodynamischen Eigenschaften eines Meßwerks mittels eines elektrodynamischen Analogons mit dem Programm PSPICE. In den Teilfiguren wurde jeweils die Antwort  
5 eines Relativdrucksensors etwa gemäß der DE 37 13 236 A1 mit einer prozeßseitigen Drossel (obere Kurve) mit der Antwort des erfindungsgemäßen Relativdrucksensors (untere Kurve) verglichen. Als prozeßseitige Drossel wurde hier ein Kanal mit einer Länge von 8 mm und einem Durchmesser von 0,2 mm modelliert. (Eine prozeßseitige Drossel in  
10 der Art der erfindungsgemäßen atmosphärenseitigen Drossel würde nahezu zur vollständigen Bedämpfung des Meßsignals und zu viel zu langen Zeitkonstanten führen.) Der Begriff „Antwort“ bezeichnet hier das vom druckempfindlichen Element ausgegebene Signal, welches naturgemäß auch ein Maß für die Belastung des druckempfindlichen Elementes ist. Der  
15 Meßbereich für die simulierten Geräte betrug jeweils 1 bar (1 Volt in der Simulation).

Die obere Teilfigur von Fig. 2 zeigt die Antwort auf einen Rechteckimpuls mit einer Amplitude von 1 bar bzw. 1 Volt, welche im Meßbereich des  
20 Relativdrucksensors liegt. Die prozeßseitige Drossel nach dem Stand der Technik glättet den Rechteckimpuls, und kann dem zeitlichen Verlauf nicht hinreichend schnell folgen. Die erfindungsgemäße atmosphärenseitige Drossel beeinträchtigt dagegen die Antwort auf einen Rechteckimpuls praktisch nicht. Der zeitliche Verlauf des Rechteckimpulses wird fehlerfrei  
25 abgebildet.

Der Ausgangspunkt aller Kurven verläuft eigentlich bei 0 Volt, jedoch wurde in jeder Teilfigur eine Kurve der Übersichtlichkeit halber um einen konstanten Wert verschoben.

30

Die untere Teilfigur von Fig. 2 zeigt die Antwort des Relativdrucksensors auf einen kurzen Rechteckimpuls im Überlastfall mit einer Amplitude von 100 bar

bzw. 100 Volt. Die prozeßseitige Drossel bewirkt eine Dämpfung der Antwort auf etwa 14 bar bzw. 14 Volt, wobei die große Zeitkonstante der Drossel ein langsames Abklingen der Antwort bewirkt, wie in der oberen Kurve dargestellt ist. Die Bedämpfung durch die erfindungsgemäße  
5 atmosphärenseitige Drossel erweist sich als effektiver, da die Amplitude der Antwort nur etwa 7 bar bzw. 7 Volt beträgt. Zudem fällt die Gleichgewichtslage der Antwort aufgrund der kürzeren Zeitkonstanten schneller auf den Ausgangswert zurück, wobei die Antwort in einer gedämpften Schwingung um die Gleichgewichtslage oszilliert. Durch  
10 geeignete Auswertungsschaltungen, kann jedoch der Mittelwert ohne weiteres extrahiert werden.

Im Ergebnis erweist sich der erfindungsgemäße Relativdrucksensor mit einer atmosphärenseitigen Drossel als vorteilhaft, da die Antwortfunktion schnellen  
15 Änderungen im Meßbereich schneller folgen kann als bei Relativdrucksensoren mit einer prozeßseitigen Drossel. Zudem ist die Bedämpfung von Nadelimpulsen im Überlastfall beim erfindungsgemäßen Relativdrucksensor mindestens so gut wie bei einem Relativdrucksensor nach dem Stand der Technik.

## Patentansprüche

1. Relativdrucksensor zur Messung der Druckdifferenz zwischen einem Prozeßdruck und einem Umgebungsdruck, umfassend:

5

ein Meßwerk (1) mit

10

einer ersten Kammer (5), die von einer ersten Trennmembran (2) verschlossen und mit einem Übertragungsmedium gefüllt ist, wobei die erste Trennmembran (2) mit dem Prozeßdruck beaufschlagbar ist;

15

einer zweiten Kammer (6) die von einer zweiten Trennmembran (3) verschlossen und mit einem Übertragungsmedium gefüllt ist, wobei die zweite Trennmembran (3) mit dem Umgebungsdruck beaufschlagbar ist;

20

einem druckempfindlichen Element (4), welches die erste Kammer (5) von der zweiten Kammer (6) trennt; und

einer Drossel (7) zu Bedämpfung von Überlastimpulsen; **dadurch gekennzeichnet daß**

25

die Drossel (6) zwischen dem druckempfindlichen Element (4) und der zweiten Trennmembran (3) angeordnet ist.

2. Relativdrucksensor nach Anspruch 1, wobei das Übertragungsmedium eine Hydraulikflüssigkeit, insbesondere ein Silikonöl ist.

30



3. Relativdrucksensor nach Anspruch 1 oder 2, wobei das druckempfindliche Element 4 eine Meßmembran, insbesondere einen piezoresistiven Siliziumchip mit einer Meßmembran, aufweist.
- 5 4. Relativdrucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Drossel (7) einen Sinterkörper aufweist.
- 10 5. Relativdrucksensor nach Anspruch 4, wobei der Sinterkörper ein metallischer oder ein keramischer Sinterkörper ist.
- 15 6. Relativdrucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Drossel eine poröse Struktur aufweist.
- 20 7. Relativdrucksensor nach Anspruch 6 wobei die poröse Struktur eine strömungswirksamen Porendurchmesser von nicht weniger als 4  $\mu\text{m}$  und nicht mehr als 28  $\mu\text{m}$ , bevorzugt zwischen 8  $\mu\text{m}$  und 16  $\mu\text{m}$  aufweist.
- 25 8. Relativdrucksensor nach Anspruch 6 oder 7 wobei die poröse Struktur eine Porösität zwischen 15 Vol.% und 50 Vol.%, bevorzugt zwischen 25 Vol% und 35Vol%, aufweist.
- 30 9. Relativdrucksensor nach einem der Ansprüche 4 bis 8, wobei der Sinterkörper eine im wesentlichen zylindrische Form aufweist und die Länge des Sinterkörpers in axialer Richtung mindestens doppelt so groß ist wie der Durchmesser.